接触電気抵抗による小径鋼球の相互差の測定 (第1報)*

—— 測定押圧力と接触電気抵抗の関係 ——

羽 地 務** 川 口 準**

On the Mutual Difference for Miniature Steel Balls measured by Electric Resistance (Part 1)

—— Relation between the Measuring Pressure and Contact Electric Resistance ——

Tutomu HAZI, Hitoshi KAWAGUCHI

If the surface of steel ball and metal plate are finished by the same preparation, the electric resistance per unit area of their flow layer is assumed to be constant.

When the steel balls are pressed between the two metal plates, the total electric resistance of the contact points of balls with the plates varies in proportion to the mutual difference of the ball - diameters.

In this experiment, the contact electric resistance between the two metal plates and steel balls are investigated to find the best measuring pressure. The grade of steel ball is class-H, the two metal plates are made by brass and are mirror finished by Cr-lapping. The apparatus is able to measure the mutual difference, in the condition of either actual working or manufacturing of steel balls.

As a result of this experiment, it seems to be valid that the equivalent value of mutual difference or the equivalent contact number for balls and plates is estimated through the contact electric resistance, within a few percent errors.

1. 緒 言

鋼球の相互差は、それが玉軸受などに組込まれるような場合とくに重要となってくるが、たとえば JIS B1501 (1962) では、同一呼び寸法の一組の鋼球における最大平均径と最小平均径との差をいうと規定されていて、鋼球一個の平均径は 2 点測定法または 3 点測定法により 300 g 以下の測定力をかけながら 10 回以上も方向を変えて測定するのが原則となっているので、その測定操作が非常にわずらわしい上に、鋼球径が小さくなるほど確実性を欠き、測定力に対する面倒な補正などを行なっても、鋼球の使用時ならびに加工時の状態における相互差値の保証は必ずしも良くない。

そこで筆者らは、Bowden 氏¹⁾によって考えられ、電子顕微鏡によっても確かめられているところの真の金属間接触面積とその電気抵抗との関係を応用して、鋼球の転動状態もしくはそれに近い状態における相互差の簡

便な測定法を提供すると共に、鋼球の加工中でも利用できて鋼球のラッピング仕上げの自動化に寄与する目的で、まず本報告では主として二平面間における鋼球の相互差を比較し得る最適押圧力について実験した結果を述べる。

2. 実験の理論

平面同志の接触機構に関する吉本氏²⁾の報告によると、一般に金属間接触と被膜接触との中間的な状態が普通であるから、金属仕上面の真の接触部を m 個の等しい半径 a の円であると仮定して、接触電気抵抗 R を次式で与えている。

$$R = \frac{1}{2ma\kappa} + \frac{2\lambda}{m\pi a^2} \quad (1)$$

ただし、 κ : 平面の材質によって異なる比導電率

λ : 加工変質層の厚さを一定としたときの変質層の単位面積あたりの抵抗

いま図 1 に示すごとく、平面上に環状に並べられた鋼球の上側は、非常に荒い表面あらさのプロファイルが鋼球の半径と等しい曲率半径を有するようなもので、その山頂の最大差は鋼球の相互差 δ に等しく、環状の中心で上

* 昭和41年 6 月 日本機械学会精機学会東海支部
浜松地方講演会にて発表

**大阪府立大学 工業短期大学部

図1 二平面間における鋼球の接触状態

方の平面に加える押圧力 P が小さい間は、上方の平面がもっとも背の高い3個の鋼球に支えられていて、それらの平均半径を r_n とすれば、Hertz 氏³⁾の理論による接近量 δ_n にしたがって弾性変形し、

$$\delta_n = \sqrt[3]{\frac{9}{16} (k_1 + k_2)^2 \left(\frac{P}{n}\right)^2 \frac{1}{r_n}} \quad (2)$$

ただし、 n は接触させようとする鋼球の個数で、この場合 $n=3$ である。また鋼球および平面の材質によって異なる比例定数 k_1 および k_2 は、それぞれのポアソン比 ν_1 , ν_2 とヤング率 E_1 , E_2 とから決まり、

$$k_1 = \frac{1 - \nu_1^2}{E_1}, \quad k_2 = \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \quad (3)$$

しかるに鋼球のラッピング仕上げにおいては異常に大きな接触圧力が加わるもので、鋼球素材の弾性限界をはるかにこえた塑性変形によって微視的な凹凸の山を押しつぶしながら谷を埋めて平滑化された加工変質層からなる鏡面をもつ鋼球、とくに小径鋼球と、それと同程度またはそれ以上により表面をもつ平面との接触では、かりに 1μ 程度の凹凸が残っていたとしても、それはわずかな数 g の接触荷重で完全に塑性変形してしまい、それ以後は巨視的な鋼球半径で弾性接触するものとみるのが実際的であり、最初の3球だけで上方の平面に接触している間の Hertz 氏の理論による接触円の半径 a_n

$$a_n = \sqrt[3]{\frac{3}{4} (k_1 + k_2) \frac{P}{n} r_n} \quad (4)$$

と、(1)式の接触電気抵抗から求める真の接触円の半径 a とは実用上あまり差がないと考えられ、このことは、それらの鋼球と下方の平面との接触についても同様であって、上下の平面が同一の加工前歴をもつときには、鋼球の上部接触点および下部接触点において(1)式の R が考えられるから、このときの抵抗値を標準接触電気抵抗 R_n とすれば、

$$R_n = N \left(\frac{1}{2 n a n \kappa} + \frac{2 \lambda}{n \pi a n^2} \right) \quad (5)$$

ただし、 N は接触鋼球1個における接触点の数で、二平面間に押圧するいまの場合は $N=2$ である。

したがって(5)式で表わされるような接触電気抵抗の標準値 R_n を測っておけば、それから鋼球表面の加工変質層の厚さを一定としたときの単位面積あたりの抵抗値 λ を算出することができ、

$$\lambda = \frac{n}{2} \pi a n^2 \frac{R_n}{N} - \frac{\pi}{4 \kappa} a n \quad (6)$$

つぎに押圧力 P が増大するにつれて、第4番目、第5番目、……、第 n 番目と順次背の高い鋼球から上方平面に接触して行き、両平面の接近量 δ_n が相互差 δ をこすと全部の鋼球が接触するようになるが、最初の3球に極端な直径差がない限り（ラッピング仕上げの段階ではそう考えてよい）、下方平面に対する上方平面の傾きが接触円の形成に及ぼす影響は無視できて、それまでに生じた接触円半径の大きさの順位は、最初の3球に対する第4番目以降の鋼球直径の大きさの順位と同じである。

しかも全部の鋼球が接触している場合には、すでに上方の平面と接触している最初の3球に比べて、第4番目以降の鋼球の接触荷重は小さいので、そのときの接触電気抵抗 R_n' を測り、ちょうど $n=4$ 個、5個、……、 n 個の鋼球が平等に接触しているときの、すなわち4個以上の鋼球に相互差がない場合の(5)式の標準接触電気抵抗 R_n と比較すれば、同一押圧力 P に対しては、相互差があるために接触円の面積総和に違いを生じて、それだけ接触電気抵抗 R_n' の方が大きくなるはずである。

しかるに(1)式は Archard 氏⁴⁾の実験式 $R \propto P^{-c}$ と同じことを意味して、多点接触における金属間接触および被膜接触では、指数 $c \cong 4/5$ であるから、これと(2)式との関係から

$$\delta_n \propto R_n^{-5/6} \quad (7)$$

したがって n 個の鋼球に相互差があるときも、一定押圧力 P によって生ずる接近量は、その鋼球群のもつ相互差 δ に応じた接触電気抵抗 R_n' を形成し、相互差が大きいほど R_n' の値が $R_n=3$ に近づき、そのとき $\delta \rightarrow \infty$ 、逆に相互差が小さいほど R_n' の値が $R_n \geq 4$ に近づき、そのとき $\delta \rightarrow 0$ 、すなわち R_n' の値は $R_n=3$ と $R_n \geq 4$ との間にあるので、相互差 δ の等価値を δ_e とすれば仮説として次式が考えられる。

$$\delta_e = \log \frac{R_3 - R_n}{R_3 - R_n'} \quad (8)$$

このとき R_n' の同一値に対して鋼球の大小配列にはいろいろの組合わせが存在し、実際の接触個数 i を一概に断定できないが、比較のために等価的な接触個数 i_e

をとるならば、 i_e は 3 以上の正数であって、 R_n' の値が $R_n=3$ に近づくほど小さくなり、逆に $R_n \geq 4$ に近づくほど大きくなるけれども、全個数 n の値をこすことはないから、

$$i_e = 3 + (n - 3) \frac{R_3 - R_n'}{R_3 - R_n} \quad (9)$$

すなわち、二平面間に環状に並べて回転させながら、任意個数の接触電気抵抗 R_n' を測るだけで、あらかじめ実測しておいた標準接触電気抵抗 $R_n=3$ と、その結果を用いて算出される $R_n \geq 4$ とを比べ、相互差の等価値あるいは接触個数の等価値から、その鋼球群の相互差を比較することができる。

3. 実験の方法と結果

本実験に使用した接触電気抵抗の測定装置は、図 2 に示すごとく、精製した酸化クロムにより対向平面を $H_{\max} \leq 0.3 \mu$ に同時に仕上げた 2 枚の真ちゅう製鏡面板 M_1 と M_2 の間へ被測鋼球をはさむもので、下方鏡面板 M_1 の円周部に水密嵌入された電気絶縁円筒 S_y の内面が、追加錘 W を着脱するための中心軸 C をねじ止めた上方鏡面板 M_2 と、両鏡面板間に介在させた電気絶縁リテーナ L との周縁を案内する。上方鏡面板の回転と追加錘の着脱に際して結線操作を容易にするため、中心軸 C の上端部に設けた深穴内に水銀を介して十側リード線を引出し、ミリボルトメータ V 、電流計 A 、可変抵抗器 VR 、電池 B を配設した回路の一例リード線は下方鏡面板の側面にねじ止める。

まず鏡面板の加工と同じ酸化クロムを用いて真球度 0.5μ の鏡面に仕上げた $2mm \phi$ の試作鋼球の中から、CEJ 社のマイクロケータ (最小目盛 0.2μ) に $4mm \phi$ の三球座を取付けて上部測定点の変化を測りながら、相互差の認められない 24 個を選出して標準球とし、これらを厚み

1.5mm のリテーナのピッチ円 $60mm \phi$ 上で等間隔に 24 個開設した $2.4mm \phi$ のポケット穴内に、3 個ずつ正三角形形状に組んで、3 個、6 個、12 個、24 個ごとに配置する。鏡面板と各鋼球とが接触する瞬間に発生しやすいスパークを防ぐためもあるが、むしろラッピング加工中の状態に近くするために、上記円筒 S_y 内には、全鋼球が液面下にあるごとく石油を注入し、押圧力 P を、上方の鏡面板と中心軸などの目方である $64g$ と、それに追加錘を加えて作られる $216g$ 、 $512g$ 、 $1000g$ との 4 段階に変えて、それぞれの標準接触電気抵抗 $R_n=3$ 、 $R_n=6$ 、 $R_n=24$ と、上記正三角形形状の一边が張る弧の中央にいま一つの鋼球を置いた $R_n=4$ とを実測した。実測にあたっては、上記の円筒 S_y の上端面に度盛った角度目盛の助けによって、上方鏡面板を約 30° ずつ回転し、鋼球の接触位置を変えながら 20 個所についてのミリボルトメータの読みをとり、これを平均したものが、表 1 に示す R_n の実測値である。一方 R_n の計算値は、鋼球のヤング率を $E_1 \div 2.1 \times 10^4 kg/mm^2$ 、真ちゅう平面のヤング率を $E_2 \div 7.1 \times 10^3 kg/mm^2$ 、ポアソン比を $\nu_1 = \nu_2 \div 0.3$ にとり、比例定数 (3) 式の和を、 $k_1 + k_2 \div 1.69 \times 10^{-4} (mm^2/kg)$ として (4) 式から求める接触円の半径 a_n を用い、(5) 式から算出したものであるが、変質層の抵抗値 λ の値は、 R_n の実測値を (9) 式に代入して得られた参考値のうち、 $n=3$ の場合の平均値 $\lambda \div 1.76 \times 10^{-8} \Omega cm^2$ を用い、また小径鋼球用のラッピング仕上げにグラファイト目の荒い鋳鉄が好まれぬことを考えて、本実験では鏡面板を 2 枚とも真ちゅう製としたので、鋼球との接触点の比導電率 $\kappa \div 4.26 \times 10^4 \Omega^{-1} cm^{-1}$ とした。

つぎに前述したマイクロケータによる鋼球径の測定結果に基づいて、あらかじめ供試鋼球の相互差 δ を 0.5μ に選択構成した 3 個、4 個、6 個、12 個、24 個の各組

表 1 標準電気抵抗 R_n の実測値と計算値

$R_n (m\Omega)$		$P (g)$			
		64	216	512	1000
$n=3$	実 測 値	9.5 ₇	5.4 ₄	3.7 ₂	2.8 ₁
	$\lambda (\times 10^{-8} \Omega cm^2)$	1.8 ₄	1.7 ₈	1.7 ₁	1.6 ₆
	計 算 値	9.5 ₀	5.4 ₃	3.7 ₆	2.8 ₇
$n=4$	実 測 値	8.4 ₃	4.7 ₅	3.2 ₂	2.4 ₃
	$\lambda (\times 10^{-8} \Omega cm^2)$	1.9 ₃	1.8 ₈	1.8 ₁	1.8 ₀
	計 算 値	8.1 ₀	4.6 ₅	3.2 ₀	2.4 ₂
$n=6$	実 測 値	6.9 ₅	3.8 ₃	2.5 ₈	1.9 ₃
	$\lambda (\times 10^{-8} \Omega cm^2)$	1.9 ₉	1.9 ₁	1.8 ₆	1.8 ₇
	計 算 値	6.5 ₆	3.7 ₂	2.5 ₃	1.9 ₀
$n=12$	実 測 値	5.0 ₅	2.7 ₂	1.7 ₈	1.3 ₁
	$\lambda (\times 10^{-8} \Omega cm^2)$	2.0 ₅	2.0 ₃	1.9 ₅	1.9 ₂
	計 算 値	4.6 ₄	2.5 ₅	1.7 ₂	1.2 ₈
$n=24$	実 測 値	3.7 ₀	1.9 ₄	1.2 ₅	0.9 ₀
	$\lambda (\times 10^{-8} \Omega cm^2)$	2.1 ₀	2.0 ₆	1.9 ₉	1.9 ₃
	計 算 値	3.3 ₃	1.7 ₉	1.1 ₉	0.8 ₇

図 2 接触電気抵抗の測定装置

表2 相互差および接触個数の等価値
 i_e , δ_e の実測値と計算値

P (g)		64	216	512	1000
$R'_{n=3}$ (m Ω)		9.6 ₈	5.4 ₈	3.7 ₁	2.8 ₀
λ ($\times 10^{-8}$ Ωcm^2)		1.8 ₈	1.8 ₂	1.6 ₉	1.6 ₃
$R'_{n=4}$ (m Ω)		9.5 ₅	5.2 ₃	3.5 ₉	2.7 ₃
δ_e	実 測 値		0.5 ₂	0.5 ₉	0.6 ₃
	計 算 値		0.5 ₆	0.5 ₂	0.5 ₉
i_e (個)	実 測 値		3.3 ₁	3.2 ₆	3.2 ₁
	計 算 値		3.2 ₈	3.3 ₀	3.2 ₈
$R'_{n=6}$ (m Ω)		9.5 ₃	4.9 ₄	3.4 ₀	2.5 ₈
δ_e	実 測 値		0.5 ₁	0.5 ₅	0.5 ₈
	計 算 値		0.5 ₈	0.5 ₄	0.5 ₅
i_e (個)	実 測 値		3.9 ₃	3.8 ₄	3.7 ₈
	計 算 値		3.8 ₆	3.8 ₄	3.8 ₃
$R'_{n=12}$ (m Ω)		9.5 ₀	4.8 ₂	3.1 ₄	2.4 ₀
δ_e	実 測 値		0.6 ₄	0.5 ₂	0.5 ₆
	計 算 値		0.6 ₈	0.5 ₂	0.5 ₃
i_e (個)	実 測 値		5.0 ₅	5.6 ₉	5.4 ₆
	計 算 値		4.9 ₅	5.7 ₃	5.6 ₆
$R'_{n=24}$ (m Ω)		9.4 ₆	5.2 ₁	3.4 ₁	2.2 ₅
δ_e	実 測 値			0.9 ₀	0.5 ₃
	計 算 値			0.8 ₇	0.5 ₁
i_e (個)	実 測 値			5.6 ₄	9.1 ₆
	計 算 値			5.8 ₆	9.5 ₁

を、さきと同様にして実測した結果が、表2に示す $R'_{n=3}$, $R'_{n=4}$, $R'_{n=6}$, $R'_{n=12}$, $R'_{n=24}$ である。そして相互差と接触個数との等価値 δ_e と i_e の値は、この R_n' と表1の R_n の実測値ならびに計算値を用いて、(8)式および(9)式から算出したものであり、空欄は押圧力 P が小さすぎて、上方鏡面板に接触する鋼球が極端に少なくなるために、実測値が相当大きく出るので、記入しても意味がないとして適当に省略したものである。

4. 実験結果の考察

本装置による鋼球対平面の接触点では、接触荷重が数 g 以下というように極端に小さくない限り、両表面あらさの凹凸はすでに塑性変形しているので、石油の油膜を介した金属間接触と被膜接触との中間的な接触状態であり、この潤滑油膜のために接触電気抵抗は $\text{m}\Omega$ 前後の大きさとなり、このような抵抗値を測定するために流すべき電流は 1 A 前後でよいから普通のしゅう動抵抗器 V R で足り、下方の鏡面板 M_1 と一側リード線との結合も真ちゅうねじでよく、上方の鏡面板 M_2 と十側リード線との水銀接点や他の結線接続点ではさらに小さい回路抵抗であり、またミリボルトメータ V などの内部抵抗も十分無視できる。

標準接触電気抵抗値 R_n の決定にさいしては、実験

上、接触させようとする鋼球の個数 n が増すほど、標準鋼球としての相互差をなくする選択操作が困難となり、表1中の R_n の実測値と計算値とのひらきも、これを裏付ける方向に漸増しているが、小形玉軸受に組込まれる鋼球の個数として十分な $n=24$ 個まででは、 $0.2\sim 11.1\%$ と十数%以内にとどまっている。しかし鋼球ラッピングでは個数も多く、被測鋼球のもつ寸法差によって境界潤滑にあるものが、石油による油膜の影響をうけて R_n' 値が大き目に出やすく、この影響は被測鋼球の個数が増すほど激しくなるもので、この意味からは石油などを用いなくて直接接触させる方がよいけれども、本実験では鋼球のラッピング加工中の相互差測定を予定しているために強いて石油を用いたわけであり、それだけ測定の精度が下がったり、測定の個数が制限(本実験の条件では約70個以内)されたりするのはやむを得ない。同様な理由から λ 値のばらつきはかなり大きい、表1と表2の $R_n=3$ と $R_n'=3$ とを見るとほとんど一致しており、そのときの各測定押圧力に対する λ を平均した値がよく合うことから、標準鋼球の個数は $n=3$ がもっとも有利なわけで、実用的には $R_n=3$ と $a_n=3$ とから得られる $\lambda \approx 1.76 \times 10^{-8} \Omega\text{cm}^2$ をすべての場合に用いて差支えない。ただしこの値は、各鋼球または真ちゅう平面の加工前歴が変われば大きく異なってくるものであるから、なるべく加工前歴をそろえる注意が必要である。

接触電気抵抗値 R_n' の測定にさいしては、もし押圧力によって生ずる弾性接近量が被測鋼球のもつ相互差よりも小さいと、まったく接触しない鋼球が出て、表2の一部に見られるように極端に大きな R_n' 値を示すから、必ず所要の相互差に等しい(2)式の接近量に相当する押圧力以上にとることが大切で、 R_n を測る前にこのような最適押圧力を考慮しておき、 R_n' を測るときにもそれと同じ押圧力を用いるのが望ましい。たとえば JIS の H 級鋼球では、相互差 0.5μ となっているので、呼び寸法 $2\text{mm } \phi$ の被測鋼球4個では 125 g 以上にとればよいわけである。

つぎに表2中の良好な荷重範囲では、相互差の等価値 δ_e の実測値と計算値とが、マイクロケータによる相互差の実際値 $\delta=0.5\mu$ の付近において数%以内の誤差でよく合致しており(ただし μ 単位の相互差 δ と無単位の等価値 δ_e との関連性は、設定相互差を変えて実験を重ねなければ断定できないが)、被測鋼球のもつ相互差と等しい弾性接近量に相当する押圧力に近いほど、合致精度のよいこともわかる。しかも筆者らの他の実験⁹⁾(真球度 $0.3\sim 2.6\mu$)では、鋼球の接触位置を20箇所も変えて測定した場合の真球度およびそれを基とした相互差の信頼性は十分であり、上述した押圧条件さえ守れば、相互差の等価

値 δ_e の信頼性はかなり高いものと思われる。

さいごに接触個数の等価値 i_e については、 n の値に近いほど軸受などの負荷を均等に分担するわけで、表2に見られるごとく、本実験に用いたH級に相当するものでもまだ十分な接触状況にあるとはいえず、しかも相互差が同一であっても、最大球と最小球の間に分布する他の球径との組合わせによって、 i_e の値が変化し得るので、とくに軸受では、従来の相互差あるいは(8)式で表わされる相互差の等価値から負荷状態を判断するよりも、(9)式で表わされる i_e による方がよいように思われる。いま相互差を 0.5μ 、 0.3μ 、 0.1μ と仮定した場合、標準接触電気抵抗 R_n の計算値を用いて(8)式から推定される接触電気抵抗 R_n' を(9)式に代入して、接触個数の等価値を求めてみると表3に示すように、SP級に相等するものでもまだ不十分であるから、とくに軽荷重を受ける小形玉軸受の均等負荷がいかに得難いかがよくわかる。

結局、図3に示すように、あらかじめ測定荷重 P に対する弾性接近量 δ_n と接触電気抵抗 R_n との計算値を、接触させるべき鋼球数 n の各値に対して線図化しておく、接触電気抵抗 R_n' の実測値から鎖線状で示す方向に進めば、相互差の等価値 δ_e または接触個数の等価値 i_e の値が求まり、表現のきびしい方の i_e を採用すれば測定荷重における接触状態までが直ちに判断できて便利である。ただし同図には $P=1000\text{g}$ 、 $n=24$ 個の場合についてのみ δ_e 尺および i_e 尺を画いてあるが、他の場合についても同様である。

5. 結 論

以上の結果を要約すれば、

- 1) まず被測鋼球中から選出した3個を対向平面間にはさみ、所要の相互差と等しい弾性接近量 δ_n を生ぜしめ得る接触荷重より少し大きいような最適押圧力をかけながら標準接触電気抵抗 $R_n=3$ を測って、(6)式から変質層の抵抗値 λ を求めておき、つぎに4個以上の被測鋼球を入れて同様な押圧力の下で接触電気抵抗 R_n' を測定し、(4)式の接触円半径 a_n とさきの λ とから算出されてくる(5)式の標準接触電気抵抗 R_n とを比較することにより、(8)式または(9)式で表わされるような相互差の等価値 δ_e または接触個数の等価値 i_e が数%以内の誤差で求まり、それらから相互差の比較ができて、一方の平面を回転させながら R_n' の最大値を探すという簡単な操作で足りるので、従来のような面倒な測定操作からは解放される。
- 2) もし被測鋼球の相互差の所要値が未知であっても、被測鋼球の全部が圧接されるような測定荷重に達する

表3 相互差 δ を 0.5 、 0.3 、 $0.1(\mu)$ に仮定した場合における接触個数の等価値 i_e の計算値

$\delta(\mu)$	0.5	0.3	0.1
n (個)			
4	3.32	3.50	3.79
6	3.95	4.50	5.38
12	5.84	7.51	10.15
24	9.64	13.53	19.67

図3 接触電気抵抗と測定荷重接触個数および相互差との関係

までは、接触電気抵抗 R_n' の値が相当大きいのにに対して、被測鋼球の全部が圧接されるような測定荷重 P に達したあとは、比較的小きな値となるから、上記の最適押圧力は容易に判断できる。

- 3) しかも従来の相互差 δ や相互差の等価値 δ_e にたよるよりも、接触個数の等価値 i_e によって検査した方が、実際の負荷分担の均等度合をきびしく表現できて、おもに軽荷重を受ける小形玉軸受にはとくに有利である。
- 4) そして案内円筒Syの直径および注入油を考慮すれば(場合によっては軸受用ケージ内に鋼球を保持したまま)、実際に軸受に組込まれる個数の鋼球について、使用状態もしくはそれに近い状態における相互差の変動が簡単にわかり、本装置ではとくにスラスト軸受の精度検査に都合がよい。

(1966, 11月14日受付)

参 考 文 献

- 1) F. P. Bowden & D. Taber : Fric. & Lub. of Solids, Oxford, (1950) 30.
- 2) 吉本源之助, 築添 正: 精密機械学会誌 19 巻 11 号 (1953) 392.

- 3) H. Hertz : J. of Mathe., 92 (1881).
- 4) J. F. Archard : J. of App. Phys., 24 (1953) 391.
- 5) 井戸守, 永田良, 羽地務: 大阪府立大学紀要12巻 2号 (1964) 150.

—表紙説明—

Ha/Hr. m. s 表示

サーフテスト

MST—A形

サーフテストは、研究室・検査室に限らず、直接加工現場に携帯して、加工面の「あらさ」を測定するために製作されたものです。

従って、取扱いが簡単なうえ、付属の「あらさ基準片」で較正することによって、常に正確な測定ができます。

利点

本機は表面あらさ計として、つぎのように広範囲に使用され、また数多くの利点があります。

設計技術……………機能を十分に満たす最終仕様の決定
生産技術……………最良の送り、速さ、仕上げ方法の決定
加工技術……………最適な切れ刃形状の確保

生産ライン……………待時間、スクラップの減少、ライン中の製品チェックによる過剰仕上げの防止

品質管理……………製品と設計仕様のチェック

特長

- 表面あらさが直読できます。
- 特別付属品の記録計を接続して、あらさ曲線の記録ができます。(スイッチだけの操作により、電気的にカットオフされない曲線の記録もできます)
- 数分間の実習で操作できる程、取扱いが簡単です。
- 手持ちホルダーを使用して曲面の測定もできます。
- 中心線平均あらさ(Ha)と、自乗平均あらさ(Hr. m. s)が増幅指示部パネルのスイッチ操作だけで簡単に測定できます。
- 全トランジスタ式ですので寿命が長く、故障の心配がありません。

ありません。

- 指示計目盛は見やすく色別けしてあります。

- 駆動部の反転所用時間が短いので、反転時の指針の振れがありません。

仕様

■本体および標準付属品

1. 検出器

- 変換素子 : セラミック
- 触針 : ダイヤモンド、先端半径 5μ (または 12.5μ)
- 測定力 : 1.5g 以下
- 最小測定穴径 : $16\text{mm}\phi$

2. 増幅指示部

- 指示方式 : 中心線平均あらさ (Ha)
自乗平均あらさ (Hr. m. s)
- 測定範囲 : $0.025\sim 10\mu$
- 指示・目量 : $0\sim 0.1, 0.3, 1.0, 3.0, 10.0\mu$
(5レンジ)
 $0.005\mu/\text{div}, 0.02\mu/\text{div},$
 $0.05\mu/\text{div}, 0.2\mu/\text{div}, 0.5/\text{div}$
- カットオフ : $0.75, 0.25, 0.075\text{mm}$ (駆動速度 3.0mm/s の場合)

3. 駆動装置

- 駆動速度 : $3.0\text{mm/s}, 0.3\text{mm/s}$ 切換
- 駆動距離 : 75mm max, $2\sim 75\text{mm}$ 調整可能
- 駆動方式 : 往復運動

4. エクステンション

6. あらさ基準片

■特別付属品

1. 記録計

2. 小穴用検出器

5. 手持用ホルダ

7. 記録計用接続用コード

株式会社 三豊製作所

本社 東京都港区芝 5 丁目 33 番 7 号 (徳栄ビル)

電話 東京 (453) 3 3 3 1 番 (大代表)